Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Photometrische Untersuchungen über die Beleuchtungsverhältnisse im Wasser

(Ein Beitrag zur Hydrobiologie)

von

Dr. **Ludwig Linsbauer,**

k. k. Gymnasialprofessor in Wien.

(Mit 1 Tafel und 2 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. Februar 1905.)

Das Studium der Lichtverhältnisse des Wassers nahm von rein praktischen Interessen der Schiffahrt seinen Ausgang. Bald nachdem die Physik sich des Gegenstandes bemächtigt hatte, wurden die Untersuchungen über Farbe und Durchsichtigkeit auf exaktere Grundlagen gestellt und als interessantes Kapitel der Hydrographie behandelt. Noch größere Aufmerksamkeit wurde den Lichtverhältnissen seitens der Biologen zu teil. Ich selbst wurde zu meinen eigenen Beobachtungen angeregt durch die von Wiesner[1] inaugurierte und so erfolgreich angewendete Methode der »chemischen« Photometrie. Die Aufgabe, welche ich mir stellte, besteht nicht so sehr in der Ermittlung von bestimmten Zahlenwerten für die Lichtstärke im Wasser, etwa im Genauigkeitsausmaße exakter physikalischer Meßmethoden, als vielmehr in der Eruierung derjenigen Beleuchtungsverhältnisse, welche an einem bestimmten Orte, z. B. an einem Algenstandpunkte tatsächlich zu messen sind.

---

[1] »Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete« [Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissenschaften in Wien, 1893—1904] und »Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Kairo und Buitenzorg« [Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissenschaften in Wien, 1896].

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

In den folgenden Zeilen will ich neben einer kurzen Darstellung der bisher üblichen Untersuchungsmethoden namentlich die von mir vorgeschlagene Methode besprechen, meine Meßapparate beschreiben und einige Ergebnisse mitteilen. Ich werde ferner nur die Verhältnisse der Lichtstärke näher besprechen, ohne die Farbenfrage ganz außer acht zu lassen.

Die einfachste Tatsache, von der man ausgehen konnte, um über die Stärke der Beleuchtung im Wasser einigen Aufschluß zu erhalten, sind die Durchsichtigkeitsverhältnisse desselben.

Von dem uralten und sozusagen primitiven Beobachtungsfaktum ausgehend, daß verschiedene Gewässer — Meere hauptsächlich — einen differenten Grad von Transparenz aufweisen, dauerte es noch sehr lange bis zu einem weiteren Schritte, der eine vergleichsweise Schätzung dieser Verhältnisse anbahnte. Es wurde hiezu die sogenannte »Senkscheibenmethode« erfunden, deren Prinzip höchst einfach war. Ein meist scheibenförmiger Körper wurde allmählich im Wasser versenkt, bis er dem Auge unsichtbar wurde. Je nach dem untersuchten Gewässer, der Küstennähe oder -Ferne, der Wellenbewegung, der Farbe der Scheibe u. s. f. wurden auf diese Weise verschiedene »Sichttiefen« erreicht, welche zunächst ein Ausdruck für die herrschende Transparenz des Wassers waren, anderseits aber auch zu dem einfachen Schlusse führten, daß ein Gewässer desto mehr von Licht durchstrahlt war, einen je höheren Betrag seine Sichttiefe erreichte. Als historisch sei angeführt, daß die ersten unvollkommenen Senkversuche von O. v. Kotzebue an Bord des Rurik 1817 angestellt wurden. Planmäßigere Beobachtungen in größerem Maßstabe stellten dann P. Secchi und Cioldi (1865), Wolf und Luksch (1880) an, während Aschenborn (1887) wohl die größte Beobachtungsreihe zu verdanken ist. Die größte Sichttiefe läßt sich nach Secchi zu 40—45 *m* annehmen.

Diese Methode leidet an einer Anzahl von Mängeln, auf deren Besprechung ich hier nicht eingehe. Ich verweise bezüglich näherer Angaben auf die Ausführungen in den »Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie«, XVII. Jahrgang,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Berlin 1889, welche eine übersichtliche Darstellung der einschlägigen Fragen namentlich auch in historischer Beziehung enthalten.

Die Ergebnisse der Senkscheibenmethode befriedigten nicht und man suchte dem Problem auf andere Weise beizukommen.

Die Methode der direkten Beobachtung der in einer bestimmten Wassertiefe herrschenden Lichtverhältnisse mit Hilfe des menschlichen Auges wurde meines Wissens nie in Anwendung gebracht (der Vorschlag dazu wurde von Halley gemacht) und die geringe Tiefe, bis zu welcher Taucher einzudringen vermögen, hätte auch keine Aussicht auf gründlichere Lösung der in Betracht kommenden Verhältnisse geboten. Da tauchte der Plan auf, den umgekehrten Weg einzuschlagen: Eine Lichtquelle zu versenken und das Verschwinden ihrer Sichtbarkeit von der Oberfläche des Wassers aus zu beobachten.

Über die Untersuchungsergebnisse berichtete Soret in der Soc. phys. et d'histoire nat. de Genève 1884 Folgendes:

Die mit verschiedenen Lichtquellen erhaltenen Resultate ergaben natürlich untereinander abweichende absolute Werte, je nach der Lichtstärke der ersteren, und die beiden Experimentatoren lehnten es selbst ab, aus diesen vorläufigen Versuchen Schlüsse auf die Tiefe zu ziehen, in welche die Sonnenstrahlen in das Wasser eindringen können. Was aber an diesen Versuchen wertvoll ist, das ist das Auseinanderhalten von direktem und von diffusem Lichte und die Feststellung, daß das diffuse Licht sich in ungefähr doppelt so große Entfernungen ausbreitet, als diejenige ist, in welcher ein leuchtender Punkt, die Lichtquelle, dem Auge entschwindet. Denn auch dann, als der Lichtpunkt dem Auge entschwunden war, blieb das Wasser in der Umgebung der versenkten Lampe noch immer erhellt. Wenn auch eingewendet werden kann, daß bei den eben erwähnten Experimenten die Sachlage gegenüber den natürlichen Verhältnissen insoferne verändert ist, als dort das Licht aus dichteren in dünnere Schichten übertritt (höchstwahrscheinlich läßt sich die daraus entspringende Differenz ganz vernachlässigen in Anbetracht der relativ geringen Tiefen,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

in welchen experimentiert wurde), so bleibt doch die prinzipiell wichtige Unterscheidung zwischen den beiden Beleuchtungsformen, der direkten und der indirekten bestehen, und welche Bedeutung dem zukommt, geht aus zahlreichen Belegen in Wiesner's photometrischen Untersuchungen[1] und Studien hervor. Abgesehen von der Verschiedenheit im physikalisch-optischen Verhalten, welche hier zunächst in Betracht kommt, sei schon jetzt auf die verschiedene Rolle der direkten und der diffusen Beleuchtung im Haushalte der pflanzlichen Organismen hingewiesen, welche der genannte Forscher zu wiederholten Malen erörtert und klargelegt hat.

Man hat aber sehr bald ein ganz anderes Untersuchungsprinzip in Anwendung gebracht, indem man die Reduktion von Silbersalzen durch das Licht, d. h. die dabei auftretende Schwärzung des chemischen Präparates als Maß für die Lichtstärke benützte. Indem man der Reihe nach Chlorsilberpapier, Bromsilberpapier, Bromsilber-Gelatineplatten verwendete, rückte die untere Grenze der Lichtwirkung immer tiefer hinab. Nach einem mißglückten Versuche der Challenger-Expedition war Forel der erste, der im Genfersee die neue Methode einführte, ihm folgten Fol und Sarasin, Apter, Luksch und andere, welche teils im Süßwasser, teils im Meere beobachteten.

Bei allen diesen Versuchen handelte es sich zunächst um die Feststellung, wie weit das Licht in die Tiefen des Wassers eindringen könne, mit anderen Worten, bei welcher Grenze die sogenannte aphotische Region des Meeres ihren Anfang nehme. Die schon erwähnte Tatsache, daß je nach der Empfindlichkeit des zur Bestimmung der Lichtstärke benützten photographischen Präparates auch die erhaltenen Grenzwerte (im obigen Sinne) andere Zahlenverhältnisse repräsentieren, weist schon zur Genüge auf den problematischen Wert derartiger »Messungen« hin.

Zur Illustration des Gesagten sei erwähnt, daß beispielsweise Forel im Genfersee bei Anwendung von Chlorsilberpapier im Maximum bis 100 *m*, Fol und Sarasin ebenda bis rund gegen 200 *m* Schwärzung auftreten sahen, wenn sie mit

[1] Siehe Anmerkung Seite 51.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Bromsilberplatten operierten. Noch weiter nach unten rückte Luksch[1] diese Grenze, der im Mittelmeer bis 600 *m* vordringen konnte. Wie aus dieser kurzen Darstellung zu ersehen ist, bedeutet das Aufsuchen einer solchen unbestimmbaren Grenze eigentlich sehr wenig Gewinn. Es würde schon lohnender sein, sie aufzusuchen, wenn man damit die Grenze einer bestimmten Lichtintensität in einem vergleichbaren Maße ausgedrückt eruieren würde. Aber die gefundenen Tiefenwerte bedeuten so, wie sie gewonnen werden, nicht einmal so viel. Sie sind nicht mehr und nicht weniger als ein Ausdruck dafür, daß mit zunehmender Tiefe des Wassers die Lichtstärke innerhalb desselben endlich soweit abnimmt, daß die angewendeten Chlorsilber- oder Bromsilberpräparate auf sie gar nicht mehr reagieren, da ihre (spezifisch so verschiedene) Empfindlichkeitsgrenze erreicht ist.

Alle Arten von Messungen sind erst dann verwertbar, wenn sie mit anderen verglichen werden können. Wohl haben einzelne Beobachter auch versucht, sich durch Vergleiche eine deutlichere Vorstellung von den im Wasser wirksamen Lichtstärken zu bilden. So haben sich beispielsweise Fol und Sarasin in einem Falle damit geholfen, daß sie das im Hafen von Villafranca bei 390 *m* Tiefe gefundene Licht seinem Schwärzungseffekt nach für schwächer als das einer hellen, mondscheinlosen Nacht erklärten, eine an sich ziemlich anschauliche Vergleichsmethode, die aber für längere Beobachtungsreihen und Abstufungen des Schwärzungsgrades ihre Brauchbarkeit sehr bald verliert. Gar keine Vorstellung aber läßt sich mit einer willkürlich aufgestellten Schwärzungsskala verbinden, deren Glieder durch Ausdrücke, wie: Lichteindruck sehr schwach, schwach, stärker, sehr stark u. s. f. bezeichnet werden. Gleichwohl hat man auch dieses Auskunftsmittel in Anwendung gebracht. Es soll mit den vorhergehenden Worten nicht gesagt sein, daß nicht auch diese Form zu anschaulicher Darstellung benützt werden könnte; nur wird sie dazu erst geeignet sein, bis die Vergleichsskala nach irgend einer

[1] Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissenschaften in Wien, LXIX (1901).

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

brauchbaren Einheit geeicht ist, was die Beobachter meines Wissens bis jetzt nicht getan haben.

Ich will nicht unerwähnt lassen, daß es auch nicht an dem Versuche gefehlt hat, die Lichtstärke im Wasser a priori nach einer bestimmten Formel auszurechnen. Hüfner hat es so gemacht. Wie weit die theoretische Richtigkeit derart errechneter Werte von der Wirklichkeit abweicht, muß und kann natürlich erst die Beobachtung an Ort und Stelle ergeben.

Die Methoden, sich einen Einblick in die Licht- und also auch in die Farbenverhältnisse des Wassers zu verschaffen, sind mit den aufgezählten nicht erschöpft. Seit langer Zeit schon haben die Biologen, als am meisten daran beteiligt, sich an die Aufhellung der hiehergehörigen Probleme gemacht und aus ihren Beobachtungen die entsprechenden Schlüsse gezogen. Dabei hat man meist weniger die Lichtstärke als vielmehr die qualitative Seite der Frage, nämlich die Wellenlänge des durchgelassenen Lichtes als Ausdruck der Lichtfarbe im Auge gehabt. Es ist hier nicht beabsichtigt, über diese Verhältnisse zu sprechen. Weit weniger sicher als die Schlüsse oder, für viele Fälle zutreffender, Spekulationen über die Lichtqualität sind diejenigen, aus gewissen biologischen Tatsachen gezogenen Folgerungen, welche die Intensität des Lichtes im Wasser auf diese indirekte, so vielfachen Irrungsmöglichkeiten ausgesetzte Art zu eruieren trachten. Ich erwähne beispielshalber eine Beobachtung Berthold's. Bei seinen Algenstudien sah der Genannte im Meere von Capri an gewissen Algen pathologische Erscheinungen, Ausbleichungsvorgänge, eintreten, welche er mit anscheinend gleichen Veränderungen, welche durch direktes Sonnenlicht hervorgerufen werden, ohne weiteres identifizierte. Er schloß daraus, daß bei Capri in einer Meerestiefe von etwa 70—80 *m*, in welcher er das Ausbleichen beobachtete, eine noch sehr intensive Lichtwirkung vorhanden sein müsse.

Eine Überlegung anderer Art veranlaßte Kny zu einem originellen Vorschlage. Er wollte zunächst die größte Tiefe ermitteln, in welche Lichtstrahlen in das Wasser einzudringen vermögen; wichtiger aber ist, daß er zu diesem Zwecke die stärker und die schwächer brechbare Hälfte getrennt unter-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

suchen wollte. Erstere sollte mit Hilfe eines photographischen Papieres gemessen werden. Zur Ermittlung der Intensität der letzteren aber schlug er vor, eine Wasserpflanze in einem luftdicht schließenden Gefäße gleichzeitig mitzuversenken, und zwar unter vollständigem Lichtabschlusse. Erst in der gewünschten Tiefe wäre die Pflanze und das Papier eine Zeit lang dem Lichte zu exponieren. Schwärzung des Papieres würde dann die Gegenwart (und Stärke) der kurzwelligen Strahlen angeben, während die Änderung des Kohlendioxyd-, beziehungsweise auch des Sauerstoffgehaltes des vorher daraufhin genau untersuchten Vegetationswassers auf die etwaige Anwesenheit assimilatorisch wirksamer Strahlen hinwiese.

Manche, die sich mit algenbiologischen Fragen beschäftigten, machten ebenfalls die Assimilationstätigkeit dieser Organismen, als vom Lichte bestimmter Brechbarkeit und Intensität abhängigen Prozeß, zum Ausgangspunkt für Spekulationen über beide Seiten der in Rede stehenden Frage nach den Lichtverhältnissen des Wassers, nämlich nach der qualitativen und quantitativen Seite hin. Ich will darauf nicht näher eingehen, da die betreffenden Forscher nicht wie Kny bis zum Experimente gelangten und möchte hier auf meine Darstellung dieser Verhältnisse verweisen[1].

Ich habe die Absicht, ebenfalls mit Hilfe photographischer Präparate die Lichtstärke und -farbe des Wassers zu prüfen. Es kommt mir nicht sowohl auf die »untere Grenze des Lichtes« an, welche biologisch lange nicht die Bedeutung hat, die man ihr anfangs wohl zuschrieb. Für die Tiefenverbreitung der vom Lichte abhängigen Wasserorganismen, insbesondere für die Lebenstätigkeit der assimilierenden Pflanzen, ist gewiß schon weit früher eine untere Grenze des Funktionierens eingetreten. Und im allgemeinen läßt sich wohl der Satz aussprechen, daß schon oberhalb des physikalischen Nullpunktes des Lichtes bereits das Minimum der vom Lichte abhängigen physiologischen Prozesse eingetreten ist, wobei natürlich zu beachten ist, daß dieser »Schwellenwert« des Lichtes keineswegs bei

[1] Die Lichtverhältnisse des Wassers etc. [Naturwissenschaftl. Wochenschrift, XIII.] (1898).

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

allen Lebensvorgängen, noch weniger bei den verschiedenen Organismenarten ein und derselbe ist.

Wichtiger ist zweifellos die Konstatierung der spektralen Zusammensetzung und Stärke des Lichtes in bestimmten Tiefen. Auch hier kann ich auf meine frühere Darstellung dieser Sachlage[1] hinweisen. Mein Plan ist im Prinzipe der, mit hochempfindlichen Silbersalzen — photographischen Films — welche in beliebiger Tiefe eine bestimmte Zeit hindurch dem Lichte ausgesetzt werden, in vergleichenden Maßangaben die Lichtintensität zu ermitteln. Da aber bei dem Eindringen der Lichtstrahlen in das Wasser mit der Abschwächung gleichzeitig eine spektrale Zerlegung desselben erfolgt, so ist es nötig, zur Intensitätsbestimmung nur möglichst monochromatisches Licht zuzulassen und für dieses Licht die photographische Schichte zu sensibilisieren.

Die schon oben erwähnte theoretische Berechnung der Intensitätswerte, sowie die im Laboratorium ermittelte Größe des Absorptionskoeffizienten des Wassers müssen erst am Beobachtungsorte durch den der Berechnung sich entziehenden Einfluß verschiedenartiger Faktoren auf ihren faktischen Wert reduziert werden.

Ich habe mich selbst bemüht, einen Apparat zu konstruieren, der geeignet wäre, Lichtmessungen in verschiedenen Wassertiefen auszuführen. Da ich ihn für größere Tiefen bestimmt hatte, kamen bei der Ausführung namentlich zwei Punkte in Betracht. Einmal mußte er geeignet sein, einen größeren Wasserdruck zu ertragen und aus diesem Grunde, da seine Oberfläche — wie aus den folgenden Ausführungen erhellen wird — relativ groß war, mußte eine besondere Solidität des Apparates angestrebt werden. Am einfachsten schien es, die Wandstärke entsprechend groß zu wählen. Eine weitere Aufgabe bestand darin, einen nicht nur licht-, sondern auch wasserdichten Verschluß herzustellen. Derselbe wurde anfangs dadurch zu erreichen versucht, daß der Deckel mittels Schraubengewindes auf das übrige Gehäuse aufzuschrauben

---

[1] Vorschlag einer verbesserten Methode zur Bestimmung der Lichtverhältnisse im Wasser. (Verhandl. d. k. k. zool. bot. Gesellschaft in Wien, 1895.)

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

war. Da diese Befestigungsweise den Anforderungen nicht entsprach, wurde dieselbe später dahin abgeändert, daß der Deckel mit Hilfe mehrerer Schrauben auf dem aufmontierten vorspringenden Rand des Gehäuses befestigt wurde. Auf welche Weise die Lichtdichtigkeit der ganzen Vorrichtung hergestellt wurde, ist den Details der folgenden Einzelbeschreibung zu entnehmen.

Das Hauptprinzip aber, das der Konstruktion als Aufgabe zu Grunde gelegt wurde, bestand darin, daß es möglich sein sollte, mit dem einmal vorbereiteten Apparate mehrere Messungen unmittelbar hintereinander auszuführen, da das ziemliche Gewicht des Apparates, sowie das Versenken in größere Tiefen ein jedesmaliges Einholen und wieder Hinablassen nach jeder Einzelbeobachtung als unpraktisch ausschlossen. Die Exposition der photographischen Präparate innerhalb der Dose mußte nun, das war eine weitere Bedingung, in beliebiger Wassertiefe beliebig lange Zeit vorgenommen werden können; zu diesem Zwecke wurde die vom Boote leicht und sicher zu handhabende elektrische Auslösung in Anwendung gebracht.

Nach dieser Vorausschickung des Konstruktionsprinzips gebe ich nun die Detailbeschreibung.

Die Form des Apparates ist die einer flachen Dose. Ihre Wandstärke im Betrage von etwa 1 *cm* ist eine Gewähr für große Widerstandskraft gegenüber dem Wasserdrucke und ermöglicht ferner ein rasches Versenken im Wasser. Der Dosendurchmesser beträgt im Lichten 19 *cm*, die innere Höhe derselben 8 *cm*. Der äußere Durchmesser der Dose mißt 21 *cm*, der Deckel ist 23 *cm* breit, springt also über das Dosengehäuse vor, dessen Gesamthöhe inklusive Deckel sich zu etwa 10 *cm* bestimmt. Der Apparat, dessen Gehäuse aus Bronzeguß hergestellt und innen geschwärzt ist, erreicht ein Gewicht von 20 *kg*. Einen Zentimeter unterhalb der Mündung des Gehäuses verläuft rings um dasselbe ein $2^1/_2$ *cm* breiter Rand, welcher in gleichen Abständen acht Löcher besitzt. Auch vom Deckel springt ein solcher Rand vor, der mit korrespondierenden Löchern versehen ist. Hindurch gesteckte Schrauben mit Flügelmuttern gestatten ein festes Zusammenschrauben von Deckel und Dose, zwischen welchen ein Kautschukring eingelegt ist,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

um den Apparat gegen das Eindringen des Wassers abzudichten. Der Deckel trägt nun den ganzen Bewegungs-, d. h. Expositionsmechanismus. Derselbe besteht aus zwei Hauptteilen: Der eine bewirkt die Umdrehung einer Achse, an welcher ein Träger zur Aufnahme der lichtempfindlichen Schichte (Platte, Papier etc.) befestigt ist, der zweite reguliert die Bewegung, welche er teils auslöst, teils arretiert. Die Drehungsachse, welche zentral vom Deckel in das Doseninnere vorspringt, hat das eine Widerlager im Deckel selbst; das andere wird dadurch

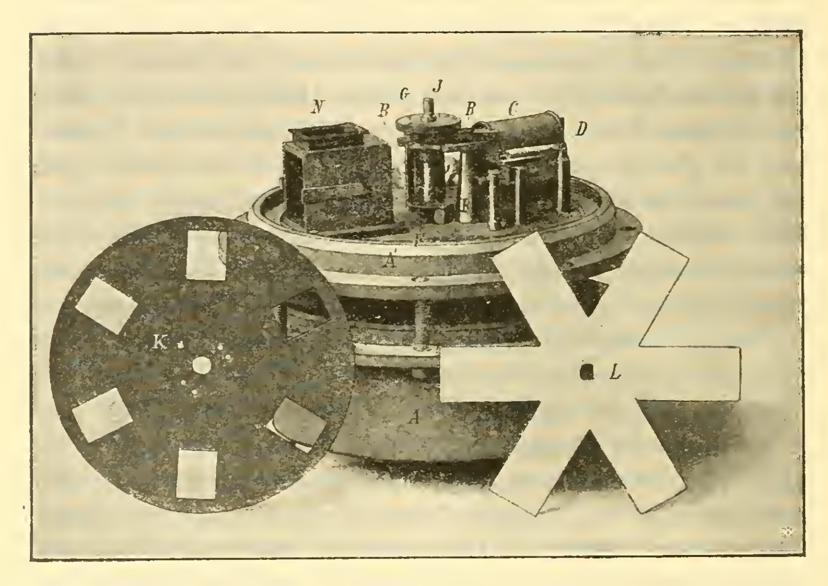


Fig. 1.

Großer Apparat. (Vgl. auch die Tafelerklärung.)

A Gehäuse; auf dasselbe ist umgekehrt aufgelegt:

A' Der Deckel mit seinem Mechanismus.

B Träger der Anker- und Scheibenachse.

C Elektromagnet.

D Anker desselben.

F Scheibenachse, mittels am Grunde angebrachter starker Feder drehbar.

G Zahnrad.

J Metallscheibe, auf welcher die die photographischen Papiere tragende und mit sechs Ausschnitten versehene Kreisscheibe *K* aufgeschraubt wird. Durch den darüber befestigten Stern *L* werden die Papiere niedergehalten.

N Lichteinlaßöffnung.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

gebildet, daß die Achse durch eine Kreisöffnung eines Metallträgers hindurchgeht. Diese Bewegungsvorrichtung wird durch eine kräftige Spiralfeder, welche am Deckel befestigt ist, aufgezogen. In der Nähe des zweiten Widerlagers trägt die Achse ein Zahnrad. In dieses greifen die Metallschenkel eines Winkels als Sperrhaken, miteinander abwechselnd, ein. Die Auslösung sowie die Arretierung erfolgt durch einen Elektromagnet. Seine beiden Spulen sind ebenfalls auf dem Deckel aufmontiert. Die Leitungsdrähte führen durch denselben hindurch und setzen sich in ein Kabel fort. Wird der Strom geschlossen, so wird durch den Anker des Elektromagnets, welcher mit dem Sperrhakenpaare in fester Verbindung steht, dieses in der Art bewegt, daß der eine Sperrhaken, welcher während der Stromlosigkeit die Drehung der Achse verhindert, zurückgezogen wird, gleichzeitig aber der zweite Sperrhaken in das Zahnrad eingreift, so daß also an der Achse keine Bewegung erfolgt. Wenn man jetzt den Strom öffnet, so wird durch eine Feder mit dem Anker der zweite Sperrhaken zurückgezogen, die Achse dreht sich ein Stück weiter, aber schon greift der erste Haken in den nächstfolgenden Zahn ein und hemmt so die weitere Drehung. Dieses abwechselnde Spiel der Arretierung kann sechsmal hintereinander ausgelöst werden.

Es erübrigt noch, die Exposition zu besprechen. Unter dem Zahnrade trägt die Achse eine fixe, kleine Metallplatte. An diese wird ein kreisförmiges, in der Mitte durchlochtes Blech angeschraubt, das sich also gleichzeitig mit der Achse dreht. An diesem Bleche sind in gleichen Abständen sechs Ausschnitte angebracht, welche die Gestalt von Rechtecken besitzen, $2^1/_2$ *cm* breit und 3 *cm* lang sind. Die Lichteinlaßöffnung ist im Deckel exzentrisch angebracht und durch eine starke Glasplatte verschlossen. Sie hat 4 *cm* Durchmesser und wird im Innern des Apparates von vier senkrechten Wänden begrenzt, welche eine Art Dunkelkammer vorstellen. Das durch den Deckel einfallende Licht kann demnach nicht seitlich in den Apparat entweichen, sondern nur durch die untere, rechteckige Öffnung dieses Aufsatzes. Dieser hat eine Höhe von einigen Zentimetern, um in seinem Innern Gefäße mit absorbierenden Flüssigkeiten aufzunehmen, welche nur spektro-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

skopisch bestimmtes Licht durchzulassen haben. Damit diese Gefäße leicht eingesetzt werden können, hat der Ausfsatz eine Seitenwand, welche zu öffnen ist. Das durchgegangene Licht wird abermals vor seitlichem Ausstrahlen dadurch geschützt, daß die rechteckige Austrittstelle, welche dieselben Dimensionen wie die Scheibenausschnitte besitzt, mit einem etwas vorspringenden Streifen weichen, schwarzen Tuches umgeben ist, welches auf der großen Metallscheibe aufschleift. Die Abmessungen dieser Scheibe sind so gewählt, daß, je nachdem der Strom geschlossen oder geöffnet ist, vor der Lichteintrittstelle abwechselnd sich ein Ausschnitt oder ein volles Scheibensegment vorschiebt und hier bis zur nächsten Exposition stehen bleibt. Im ersteren Falle wird das photographische Papier etc., welches auf der Unterseite der Scheibe dieser angedrückt und durch eine aufschraubbare Spange festgehalten wird, beliebig lange dem Lichte exponiert, worauf ein undurchsichtiges Segment die Einlaßöffnung wiederum, bis zur nächsten Exposition, verschließt. Als Stromquelle dienten drei Siemens'sche Trockenelemente, System Obach, Type C. Zum Tragen des Apparates wurde ein starkes Hanfseil in Anwendung gebracht, welches an drei in den Deckel des Apparates eingelassenen Ringen befestigt war.[1]

Für geringere Tiefen konstruierte ich einen einfacheren, handlicheren Apparat. Derselbe besteht aus einem vierseitig prismatischen Blechgehäuse von etwa $7^1/_2$ *cm* Seitenlänge, dem nach unten zu eine vierseitige Pyramide von 7 *cm* Höhe aufgesetzt ist. Der Zweck dieser Zuspitzung ist das schnelle Untersinken des Apparates. Dieses wird noch dadurch beschleunigt, daß im Innern der Pyramide ein entsprechend geformter Bleikörper den Spitzenraum ausfüllt. Außerdem wird dadurch das aufrecht stabile Schwimmen der ganzen Vorrichtung gewährleistet. An jeder der vier Seitenflächen der Pyramide befindet sich je ein Loch, das außen von einem kleinen Blechdache überwölbt ist, dessen Öffnung nach unten gerichtet ist. Dadurch kann das Wasser leichter in das Innere des Apparates,

---

[1] Der Apparat kann auch zur Messung des Unterlichtes verwendet werden, wenn man das Tragseil an drei Ringen der Bodenfläche befestigt.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

dessen Gewicht erhöhend, eindringen, ohne daß zuviel Außenlicht in den inneren Hohlraum gelangte; um auch diese geringe Lichtmenge noch weiter möglichst unschädlich und in ihrer tatsächlichen Wirkung ganz bedeutungslos zu machen, ist im Innern des Apparates, da, wo das Prisma in die Pyramide übergeht, ein dünnes Blech mittels federnden Metalldrahtes festgeklemmt. Dieses Blech besitzt nur in der Mitte eine kleine Öffnung, durch welche die im unteren Teile der Hohlpyramide

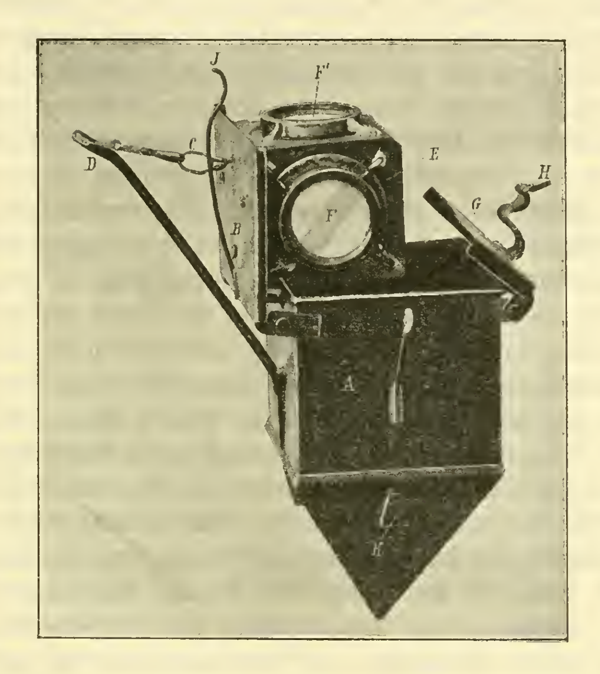


Fig. 2.

Kleiner Apparat.

A Gehäuse.
B Großer Deckel.
C Ring zur Aufnahme der Öffnungsschnur.
D Führung für die Öffnungsschnur.
E Schwerer Würfel mit den beiden Dosen *F* und *F'*.
G Kleiner Deckel mit Äquilibriervorrichtung *H*.
J Feder, um beim Herabsinken des Würfels (*E*) den kleinen Deckel (*G*) abwärts zu drücken und zu schließen.
K Wassereinlaßöffnungen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

durch das eindringende Wasser zusammengepreßte Luft nach oben und weiterhin durch den Deckel nach außen entweichen kann. An beiden Seitenwänden des prismatischen Teiles sind kurze Arme angebracht, welche an ihrem oberen Ende in Ösen umgebogen sind und zur Aufnahme der Karabiner der beiden Tragschnüre dienen. An der Hinterwand ist ein ähnlicher, nur viel längerer Arm befestigt, durch dessen Öse eine dritte Schnur hindurchgeht, deren Karabiner in einen Ring des Deckels eingefügt ist. Der ganze Apparat ist nämlich oben durch einen beweglichen Doppeldeckel verschließbar, dessen zwei Teile ungleich groß sind; der eine ist etwa doppelt so breit als der zweite. Ersterer ist um eine Achse parallel zur Hinterkante, der andere ebenso parallel zur Vorderkante des Prismas in Scharnieren drehbar. Der kleinere Deckel greift über den größeren oben 1 *cm* weit über, umfaßt aber auch dessen Rand. Da beide Deckelhälften mit ihren eigenen Rändern einige Millimeter nach unten umgebogen sind, so dringt auf diese Weise ein Minimum an Licht in das Innere des Apparates ein, dessen kaum mehr schädliche Wirkung durch die später zu besprechende Anordnung der lichtempfindlichen Teile noch weiter verringert wird, so daß in der Praxis dieser Verschluß, wie die Erfahrung gezeigt hat, als genügend lichtdicht gelten kann. Wird mit Hilfe einer Schnur, welche, durch die oben genannte Führung kommend, in einem beweglichen Ringe des größeren Deckels befestigt ist, dieser emporgezogen, so hebt er natürlich den schmäleren Deckel mit in die Höhe. Dieser letztere besitzt nun in Form eines angelöteten, etwa 2 *mm* starken Bleibandes ein Gegengewicht, das ihn nach außen zieht und so am Zufallen hindert, den Apparat also geöffnet erhält, bis durch Nachlassen der erwähnten Schnur der größere Deckelteil wieder sinkt und mit Hilfe eines stark federnden Drahtes, welcher über den schmäleren Deckel übergreift, diesen niederdrückt und wieder mit herabbewegt. Damit keine der Deckelhälften über ein gewisses Maß nach außen geöffnet werden kann, sind an beide kurze Blechstreifen angelötet, welche bei einer gewissen Stellung des Deckels an die Hinter-, beziehungsweise Vorderseite des Prismas anstoßen und so ein weiteres Überkippen verhüten.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Der größere Abschnitt des Deckels trägt an seiner Unterseite, mittels Schrauben befestigt, einen Körper aus hartem Holze, welcher mit geschmolzenem Paraffin getränkt und so wie alle übrigen Apparatbestandteile mit mattschwarzer Farbe überzogen ist. Die Grundform dieses Holzklotzes ist würfelförmig. Um jedoch den Widerstand, welchen das Wasser dem sich niedersenkenden Körper entgegensetzen würde, zu vermindern und dadurch einen schnelleren Verschluß des Apparates herbeizuführen, ist die in geschlossenem Zustande des Apparates nach unten zu liegende Würfelfläche schief abgeschrägt worden, so daß der Holzklotz bei seiner Abwärtsbewegung einen mit der Kante nach unten vorspringenden Keil vorstellt. Nur die rechte Seitenfläche des ursprünglichen Würfels ist erhalten geblieben, indem die keilförmige Zuschärfung erst weiter nach innen zu begann und daher eine etwa 1 *cm* breite Seitenwand bestehen blieb. Durch Anschrauben einer entsprechenden Bleiplatte ist das Gewicht des Holzkörpers so reguliert, daß der daran befindliche Deckel mit Hilfe der Schnur leicht gehoben und nach dem Nachlassen desselben von selbst wieder möglichst rasch geschlossen werden kann. Bei geschlossenem Deckel hängt der Klotz in das Innere hinein und bewirkt so einen selbstätigen Verschluß des Apparates.

Die Vorderfläche des »Würfels« wird beim Hochziehen des Deckels, der sich durch die schon besprochene Führung vertikal einstellt, nun in horizontale Lage gebracht, während die rechte Seitenfläche vertikal bleibt, aber über das Niveau des Deckels ebenfalls emporgehoben wird. Erstere ist daher bei dieser Stellung dem Oberlichte, letztere dem Seitenlichte exponiert.

Auf diese beiden Würfelflächen werden nun zwei kleine Metalldöschen aufgesetzt, welche dadurch in ihrer Lage fixiert werden, daß über ihre scheibenförmige etwas vorspringende Fußplatte je vier kleine Schrauben mit rechtwinklig umgebogenem Schenkel (sogenannte Reiber) übergreifen. Wird eine derselben gedreht, so kann das Döschen sofort herausgenommen und auf demselben Wege ebenso rasch wieder eingesetzt werden. Jede Dose hat $4^1/_2$ *cm* äußeren und 3 *cm* inneren Durchmesser. Eine Platte aus reinem, weißem Glase von etwa

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

1 *mm* Stärke schützt das Innere der Dose vor dem Eindringen des Wassers. Zur sicheren Befestigung der Glasscheibe wird nämlich auf diese ein Metallring aufgelegt, dessen Unterseite mit einem dünnen Kautschukringe belegt ist; dieser wird seinerseits wiederum durch einen aufschraubbaren Messingring mit etwas übergreifendem Rande gegen die Bodenfläche der Dose zu wasserdichtem Verschlusse niedergedrückt.

Vor Beginn einer Messung wird jede Dose mit einem lichtempfindlichen Papierstreifen (entweder selbst gesilbertes oder käufliches Vindobonapapier) beschickt, verschraubt und mit den »Reibern« am Holzklotze fixiert, hierauf der Apparatdeckel geschlossen. Nun zieht man durch die Öse des langen Führungsarmes an der Hinterwand des Prismas eine Schnur, deren Karabiner in dem auf dem Deckel aufgeschraubten Ringe eingehängt wird. Zwei Tragschnüre werden in den Seitenarmen befestigt und der Apparat mit Hilfe der Längenmarken führenden Tragschnüre in eine beliebige Tiefe versenkt. Das durch die Löcher in den Seitenwänden einströmende Wasser verdrängt die Luft aus dem Apparate, welche durch den nicht hermetisch schließenden Deckel leicht entweicht. Wenn keine Luftblasen mehr aufsteigen, wird an der Führungsschnur gezogen, wodurch der Deckel geöffnet und das photographische Papier in den beiden Dosen je dem Ober-, beziehungsweise dem Vorderlichte eine bestimmte Zeit lang exponiert wird. Nach beendeter Exposition läßt man die Führungsschnur wieder locker, der Deckel wird durch das Gewicht des Holz-Bleikörpers wieder abwärts gezogen und schließt sich von selbst, worauf der ganze Apparat an den Tragschnüren wieder zu Tage gefördert wird. An einem vor schädlichem Lichte geschützten Orte (am einfachsten unter einem großen, schwarzen Einstelltuche, wie es Photographen gebrauchen) wird der Deckel wieder geöffnet, die Döschen entnommen, aufgeschraubt und die mit Nummern versehenen Papierstreifen an einem lichtdichten Orte bis zur Vornahme der indirekten Bestimmung aufbewahrt. Nach neuerlicher Beschickung der Dosen mit frischem Papiere kann der ganze Apparat zur Vornahme einer weiteren Messung neuerdings versenkt werden.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Ich habe mit beiden Apparaten eine Reihe von Messungen vorgenommen, und zwar bis jetzt im Süßwasser. Mit dem größeren derselben arbeitete ich am Traunsee in Oberösterreich, mit dem kleineren teils im alten Donauwasser über der Reichsbrücke bei Wien, teils in Schönbrunn im Teiche hinter der Gloriette. In den beiden letzteren Fällen handelte es sich nur um ganz geringfügige Tiefen.

Ich will nun zunächst die Traunsee-Messungen besprechen. Zur Ausführung derselben ist zu bemerken, daß ich mich der größeren Stabilität halber eines Flachbootes, einer sogenannten Plätte bediente, um mit dem Apparat an eine bestimmte Stelle des Sees hinauszufahren, an welcher eine entsprechende Tiefe herrschte. Letzteres war aus dem Grunde nötig, um nicht auf dem Boden aufzustoßen und so durch Emporwirbeln des Schlammes das Wasser zu trüben. Das Tragseil war samt dem Leitungskabel auf einer großen Trommelvorrichtung aufgewickelt und konnte mittels einer Kurbel auf- und abbewegt werden. Ein Zahnrad mit eingreifender Hemmvorrichtung diente zum selbsttätigen Arretieren der Trommel. Natürlich war es notwendig, um das mitabgerollte Kabel mit der Batterie in steter Verbindung zu erhalten, an der Achse einen Schleifkontakt anzubringen. Seil und Kabel mußten sich auch rasch vom Apparate ablösen und wieder daran befestigen lassen, um diesen allein in die Dunkelkammer zu bringen und überhaupt leichter transportieren zu können. Für das Seil war eine solche Auswechslung durch Verwendung von Ring und Karabiner leicht zu erreichen. Das Leitungskabel aber wurde folgendermaßen vorgerichtet. Das auf der Trommel aufgewickelte lange Kabel endigt in zwei voneinander natürlich isolierte Drähte. Beide Drähte wurden durch eine Öffnung in der Schmalseite eines parallelepipedischen, innen ausgehöhlten Ebonitkörpers eingeführt und hier mittels Klemmschrauben an einem Metallstücke angeschraubt. Das andere Ende des letzteren leitet zu zwei an der gegenüberliegenden schmalen Außenseite des Ebonitkörpers eingelassenen Klemmen. Diese sind dazu bestimmt, das am Apparate eingedichtete Kabelstück von etwa 1 *m* Länge aufzunehmen. Dies geschieht leicht und schnell dadurch, daß dieses kurze Kabelstück seinerseits eben-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

falls in zwei isolierte Drähte endigt, deren jeder in eine flache, blanke Metallgabel ausgeht. Diese werden einfach unter die gelockerten Schraubenmuttern der Klemmen eingeschoben und letztere dann angezogen. Dadurch ist der Kontakt mit der Batterie hergestellt. Der Hohlraum des Ebonitstückes kann zur Isolierung gegen Wasser mit geschmolzenem Paraffin ausgegossen werden. Doch ist diese Prozedur im Süßwasser unnötig, da infolge des großen Wasserwiderstandes eine merkliche Stromschwächung gar nicht eintritt. Um auch die Batterie in eine handliche, leicht tragbare Form zu bringen, wurden die drei Trockenelemente in einen Holzkasten mit verschiebbarer Vorderwand eingestellt und die Verbindungsdrähte im Innern desselben so geführt, daß an der Außenseite des mittels Handhabe zu tragenden Kastens nur zwei Klemmen und ein Druckknopf sichtbar sind. In die Klemmen werden zwei Drähte eingespannt, welche zum Schleifkontakt der Trommel führen. Durch Niederdrücken des Knopfes und darauf folgendes Auslassen desselben wurde die Exposition eingeleitet, durch Wiederherstellen des Kontaktes und neuerliche Unterbrechung dieselbe sistiert.

Nach Abschluß der Beobachtungen wird der Apparat in der Dunkelkammer geöffnet und zur Intensitätsbestimmung geschritten. Ich habe bei den hier zu besprechenden Messungen davon abgesehen, nur rein monochromatisches Licht zuzulassen, da ich für meine orientierenden Versuche Chlorsilberpapiere verwendete, welche ohnehin fast nur für Blauviolett empfindlich sind. Die Intensitätsbestimmung war dann die von Wiesner eingeführte indirekte.

Ich will von meinen Beobachtungen hier eine aus den ersten Augusttagen als Beispiel anführen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Zeit der Beobachtung	B[1]	S[1]	Tiefe in Metern	Intensität[2]		Verhältnis $i_0 : J_0$ (für $i_0 = 1$)
				des Tageslichtes (J_0)	des Lichtes im Wasser (i_0)	
4—5h p. m.	5	3	0	0·063	—	
See fast spiegelglatt.			1/2	0·063	0·015	$\frac{1}{4\cdot2}$
			1	0·053	$0\cdot008_1$	$\frac{1}{6}$
			2	0·048	$0\cdot003_5$	$\frac{1}{14}$
			3	0·030	$0\cdot000_8$	$\frac{1}{34}$

Fasse ich meine aus einer Serie von Beobachtungen gewonnenen Daten zusammen, so ergeben sich folgende Mittelwerte:

Tiefe	Verhältnis $i_0 : J_0$
1/2 *m*	$\frac{1}{3\cdot4}$
1 *m*	$\frac{1}{5\cdot2}$
2 *m*	$\frac{1}{20\cdot3}$
3 *m*	$\frac{1}{32\cdot9}$
5 *m*	$\frac{1}{69}$
10 *m*	$\frac{1}{69}$

[1] Anmerkung. *B* und *S* bedeuten die Beschaffenheit der Bewölkung, beziehungsweise der Sonne in der Art, wie sie von Wiesner in dessen bekannten photochemischen Untersuchungen angewendet wird. B_5 heißt also, daß der Himmel halb bewölkt war, S_3, daß die Sonne durch Wolken schien.

[2] Wenn nicht ausdrücklich anderes gesagt wird, so ist hier und im folgenden stets das auf die Horizontalfläche einfallende Oberlicht gemeint.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Noch übersichtlich werden diese Daten, wenn man sie prozentual ausdrückt und dabei die Intensität des auffallenden Lichtes = 100 setzt:

Tiefe	Stärke des durchgelassenen Lichtes
0 *m*	100
1/2 *m*	29
1 *m*	19
2 *m*	4·9
3 *m*	3
5 *m*	1·4
10 *m*	1·4

Es werden also folgende Prozente des auffallenden Lichtes aufgehalten:

Dicke der Wasserschichte	Prozente
1/2 *m*	71
1 *m*	81
2 *m*	95
3 *m*	97
5 *m*	98·6
10 *m*	98·6

Ich möchte nun keine besonders weitgehenden Schlüsse, namentlich aber keine absoluten Zahlenwerte aus obigen Daten ableiten, sondern nur auf verschiedene sich dabei ergebende Gesichtspunkte aufmerksam machen, die eine Vorstellung davon geben, nach welchen Richtungen aus weiteren, umfangreicheren Beobachtungsreihen Ausblicke zu erwarten sind

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Ich beginne mit der Intensitätsabnahme mit steigender Tiefe. Es entspricht der allgemeinen Formel, welche die Lichtabsorption in einem beliebigen Medium zum Ausdrucke bringt $J' = \frac{J}{n^d}$, daß der in arithmetischer Reihe erfolgenden Tiefenzunahme eine Intensitätsabnahme in geometrischer Progression entspricht. Der Regelmäßigkeit dieser Abnahme, welche für reines Wasser gilt, wird in der Natur nicht voll entsprochen werden können, da offenbar die weitere Abschwächung des Lichtes durch suspendierte Partikelchen sowie diffuse Reflexion an deren Oberfläche störend hinzukommt und Wellenbewegung, Sonnenstand, Bewölkung etc. ebenfalls von Einfluß sind. Nichtsdestoweniger ergibt sich aus den oben bei den Traunseemessungen mitgeteilten Zahlen als unverkennbar eine Gesetzmäßigkeit insoferne, als die nach diesen Angaben gezeichnete Kurve ihrem Verlaufe nach mit der theoretisch geforderten im allgemeinen übereinstimmt.

Aus den mitgeteilten Durchschnittswerten geht auch — ohne Rücksicht auf die absolute Größe der Absorption — deutlich in Bestätigung der theoretischen Forderungen die Tatsache hervor, daß der größte Teil des auffallenden Lichtes schon von den obersten Schichten aufgefangen wird. Die hienach gezeichnete Kurve zeigt daher sehr bald einen Verlauf, der asymptotischen Charakter in Bezug auf die Abszissenachse besitzt. Auch das scheint aus den faktischen Beobachtungen zu folgen, daß (für das untersuchte Traunseewasser wenigstens) der Absorption und diffusen Reflexion seitens suspendierter Partikel im Vergleich zur Wirkung des Mediums selbst keine die (theoretisch) verlangte Gesetzmäßigkeit wesentlich alterierende Bedeutung zukommt. Welche Rolle diese Faktoren aber in ihrem Verhalten gegenüber dem rein diffusen, beziehungsweise dem aus direktem und diffusem gemischten Lichte spielen — ich verweise auf ein paar von Soret mitgeteilte Versuche, welche schon Erwähnung gefunden haben — ist für beide Beleuchtungsarten getrennt durch umfangreichere Beobachtungsreihen erst genauer zu studieren.

Die Schönbrunner Messungen, welche sich auf ganz geringfügige Tiefen beschränken, sollen hier weniger wegen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

der Abnahme des eindringenden Oberlichtes angeführt werden, als aus dem Grunde, um das Verhältnis der Abnahme für das Oberlicht im Vergleiche zum Vorderlichte zu beleuchten. Für ersteren Zweck lassen sich auch keine Vergleiche mit den Traunseemessungen anstellen, da nicht nur die Anwendung des großen Apparates hier durch den kleineren ersetzt war, sondern auch die Versenkung desselben vom Ufer aus erfolgte, so daß vom Gesamtoberlichte, das in der Teichmitte geherrscht hätte, hier nur etwa die Hälfte in Betracht kam. Ich will aus einer Reihe von Beobachtungen die folgenden zwei anführen:

Zeit der Beobachtung	B	S	Tiefe	Intensität			Verhältnis	
				des Tageslichtes (J_0)	des Lichtes im Wasser (i)			
					Oberlicht (i_0)	Vorderlicht (i_v)	$i_0 : J_0$ ($i_0 = 1$)	$i_v : i_0$ ($i_v = 1$)
27. Oktober 3[h] p. m.	10	2	$^1/_2$ *m*	0·009	0·003 $_3$	0·0007 $_1$	$\frac{1}{2 \cdot 7}$	$\frac{1}{4 \cdot 6}$
	10	0	1 *m*	0·009	0·002 $_1$	0 0004 $_7$	$\frac{1}{4 \cdot 3}$	$\frac{1}{4 \cdot 4}$
	10	2	$1^1/_2$ *m*	0·009	0·001 $_8$	0·0002 $_8$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6 \cdot 4}$
	10	0	2 *m*	0·007	0·001	—	$\frac{1}{7}$	—

Zeit der Beobachtung	B	S	Tiefe	Intensität			Verhältnis	
				des Tageslichtes: Oberlicht (J_0)	des Lichtes im Wasser			
					Oberlicht (i_0)	Vorderlicht (i_v)	$i_0 : J_0$ ($i_0 = 1$)	$i_v : i_0$ ($i_v = 1$)
1. November $3^1/_2$[h] p. m.	0	4	1 *m*	0·020	$0·005_4$	$0·003_3$	$\frac{1}{3 \cdot 7}$	$\frac{1}{1 \cdot 6}$
Wasser viel	0	4	$1^1/_2$ *m*	0·020	$0·006_4$	$0·002_3$	$\frac{1}{3 \cdot 1}$	$\frac{1}{2 \cdot 8}$
klarer geworden	0	4	2 *m*	0·028	$0·003_9$	$0·002_4$	$\frac{1}{7 \cdot 1}$	$\frac{1}{1 \cdot 6}$

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Betrachtet man auch hier wieder nur die abgerundeten relativen Zahlenbeziehungen, ohne den Wert der absoluten Zahlengrößen als definitiv hinzunehmen, so bekommt man ganz ähnliche Verhältniswerte für die durchgelassenen, beziehungsweise aufgehaltenen Lichtmengen in Prozenten des auffallenden Lichtes ausgedrückt, nämlich:

Tiefe	Stärke des durchgelassenen Lichtes	Verhältnis $i_0 : J_0$
0 *m*	100	—
$1/2$ *m*	33	$\frac{1}{3}$
1 *m*	23	$\frac{1}{4}$
$1\,1/2$ *m*	20	$\frac{1}{5}$
2 *m*	14	$\frac{1}{7}$

Es werden demnach aufgehalten:

Bei einer Wasserschichte von	Prozente des auffallenden Lichtes
$1/2$ *m* Dicke	67
1 *m* »	77
$1\,1/2$ *m* »	80
2 *m* »	86

Auch die Verhältniszahlen der zweiten Beobachtungsreihe stimmen im allgemeinen damit überein.

Die Abnahme des Oberlichtes sagt uns also nichts Neues. Interessant ist das Verhalten des Vorderlichtes. Bei vollständig bewölktem Himmel und fehlender oder äußerst schwacher Wirkung des direkten Sonnenlichtes ist das Vorderlicht im Mittel etwa fünfmal so schwach als das Oberlicht.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Am wolkenlosen 1. November erfolgt nun bei vollem Sonnenscheine die Lichtabnahme im wesentlichen ganz ähnlich wie bei Vorherrschen des rein diffusen Lichtes, aber das Vorderlicht zeigt ein neues Verhalten: Es ist im Verhältnisse zum Oberlicht im Wasser nicht mehr so viel schwächer als bei Bewölkung, sondern wenn man einen Durchschnitt annehmen will, nur etwa zweimal so schwach. Das hängt in unserem Falle wohl mit dem tiefen Sonnenstande in Verbindung mit der größeren Durchsichtigkeit des Wassers zusammen.

Es scheint aus den Daten der letzten Kolonne vielleicht auch hervorzugehen, daß bis zu 2 *m* Tiefe wenigstens das Vorderlicht im gleichen Maße ungefähr wie das Oberlicht abnimmt. Und da ferner sowohl am trüben, wie am sonnigen Beobachtungstage das Oberlicht von der Oberfläche bis 2 *m* Tiefe dieselbe Schwächung erfährt, so scheint es, als ob bei niedrigem Stande der Sonne die Absorption (im allgemeinsten Sinne) des Oberlichtes, unabhängig von dem Einflusse der direkten Beleuchtung, stets annähernd in demselben Verhältnisse erfolge.

Dies einige vorläufige Mitteilungen. Manche Beobachtungsdaten sind schon vor langer Zeit gewonnen worden, doch haben äußere Gründe es mir nicht ermöglicht, meine Voruntersuchungen weiter zu führen. Ich sehe mich daher genötigt, zunächst diese Zeilen als ersten einleitenden Teil meiner hoffentlich bald fortzusetzenden Studien zu veröffentlichen.

Der hohen Akademie der Wissenschaften, welche diese meine Bestrebungen durch eine Subvention fördern half, sage ich hiemit meinen tiefgefühlten Dank. Ich fühle mich ferner verpflichtet, Herrn Hofrat Wiesner, dessen photometrischen Untersuchungen ich die Anregung zu dieser Arbeit, und dem ich die Einführung in die Methode der Photometrie verdanke, für sein mir stets bewiesenes Interesse und seine tatkräftige Förderung meiner Studien meinen verbindlichsten Dank abzustatten.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Figurenerklärung zur Tafel.

Fig. I. Vertikaler Durchschnitt durch den großen Apparat.

A Gehäuse; *A'* Deckel, aufgeschraubt.

B Träger der Anker- und Scheibenachse.

C Elektromagnet.

D Anker desselben.

E Seine Drehungsachse.

F Scheibenachse, mittels Feder (*F'*) drehbar.

G Zahnrad an der Achse, in welches die mit dem Anker verbundene Sperrvorrichtung (*H*) eingreift.

H Sperrvorrichtung.

J Metallscheibe, auf welcher die die photographischen Papiere tragende und mit sechs Ausschnitten versehene Kreisscheibe *K* aufgeschraubt wird.

L Sternförmige Scheibe, welche durch die Schraube *M* an das photographische Papier angepreßt wird.

N Lichteinlaßöffnung.

O Rahmen aus schwarzem Tuche als Schutz gegen seitlich austretendes Licht.

Fig. II. Grundriß des großen Apparates.

B—H und *N* wie oben.

PP zwei Schrauben zur Regulierung der Ankerbewegung.

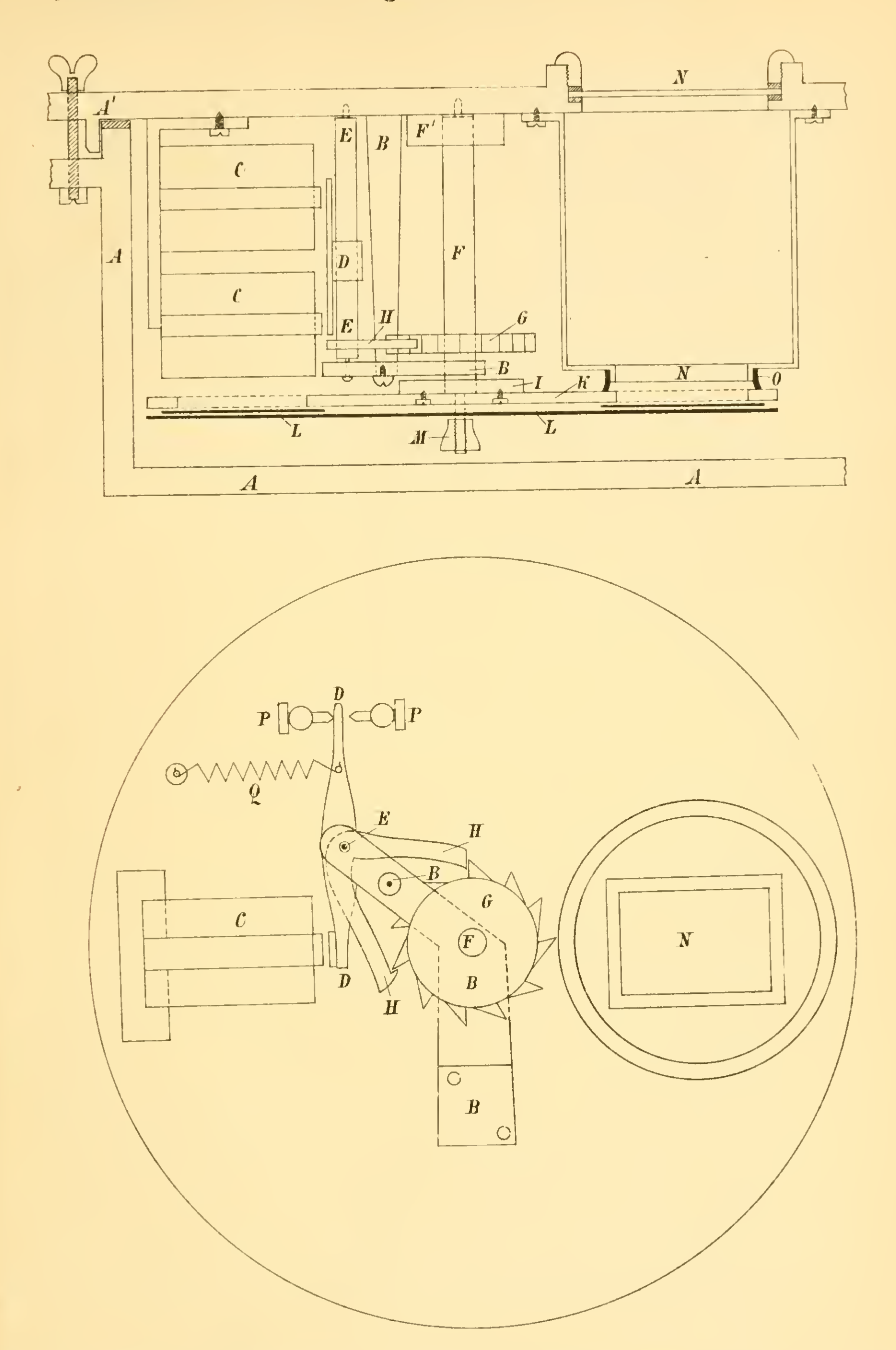
Q Feder zum Zurückziehen des Ankers.

(Die Scheiben *K* und *L* wurden weggelassen, um den Einblick in das Innere des Apparates zu ermöglichen.)

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum



Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum



K.k Hof u Staatsdruckerei